



# OPTIMASI ALAT CACAH WBC ACCUSCAN-II UNTUK PENCACAHAN CONTOH URIN

R. Suminar Tedjasari, Ruminta G, Tri Bambang L, Yanni Andriani  
Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN

## ABSTRAK

**OPTIMASI ALAT CACAH WBC ACCUSCAN-II UNTUK PENCACAHAN CONTOH URIN.** Telah dilakukan penelitian untuk mengoptimalkan pemakaian alat cacah WBC ACCUSCAN-II dalam pemantauan radiasi interna, yaitu untuk pencacahan radiasi gamma dalam contoh urin. Untuk pencacahan contoh urin ini, alat cacah WBC dikalibrasi dengan menggunakan sumber standar Eu-152 yang mempunyai energi gamma dalam rentang 121,78 keV hingga 1408,00 keV. Sumber standar cair mempunyai konsentrasi aktivitas sebesar 210,20 kBq/500cc dan dimasukkan dalam botol sampel plastik. Pencacahan dilakukan selama 600 detik dengan jarak antara detektor dengan botol sumber bervariasi dari 15 cm hingga 30 cm (rapat dinding WBC). Dari hasil analisis diperoleh data yang menunjukkan bahwa hasil pengukuran pada jarak 15 cm dari detektor adalah yang terbaik, dengan fungsi kalibrasi energi adalah  $E(c) = -31,5 + 0,43c - 3,96 \times 10^{-5} c^2 + 6,34 \times 10^{-9} c^3$  dan fungsi kalibrasi efisiensi adalah  $Ef(E) = -2,70 + 1,01E - 0,13E^2$ .

## ABSTRACT

**THE OPTIMIZATION OF WBC ACCUSCAN-II FOR URINE SAMPLES COUNTING.** Research has been done in optimizing the used of WBC ACCUSCAN-II for internal radiation dose monitoring, which is to monitor the gamma radiation dose in urine samples. The WBC ACCUSCAN-II was calibrated using standard source of Eu-152 with gamma energy from 121.78 keV to 1408.00 keV. The Liquid standard source of Eu-152 has an activity concentration of 210.20 kBq/500 cc and it was placed in a plastic sample bottle. The source was counted for 600 seconds and was placed 15 cm to 30 cm from detector. The analysis results indicated that counting at 15 cm from detector yield is the best, and the energy calibration function is  $E(c) = -31,5 + 0,43c - 3,96 \times 10^{-5} c^2 + 6,34 \times 10^{-9} c^3$  and efficiency calibration is  $Ef(E) = -2,70 + 1,01E - 0,13E^2$

## PENDAHULUAN

SubBidang Pengendalian Personil BKL-PTLR mempunyai tugas melakukan pemantauan terhadap dosis radiasi yang diterima pekerja radiasi, baik radiasi internal maupun eksternal. Untuk melaksanakan tugas tersebut, telah diadakan Laboratorium pemantau dosis perorangan, yang dilengkapi dengan alat ukur dan alat cacah yang diperlukan, antara lain TLD-Reader dan alat cacah seluruh tubuh WBC ACCUSCAN-II, serta program pemantauan yang tersusun dengan sistematis. Program Pemantauan yang telah disusun ini akan berjalan tidak sesuai rencana jika terjadi hambatan, misalnya terjadi kerusakan pada alat cacah. Hal ini dapat diantisipasi dengan mempersiapkan alat cacah yang ada seoptimal mungkin sehingga dapat digunakan sebagai cadangan /"back-up" walaupun tidak dapat menggantikan alat utama sepenuhnya. Dalam kegiatan ini akan dilakukan optimalisasi terhadap alat cacah WBC untuk pencacahan contoh urin sebagai antisipasi dalam hal terjadinya kerusakan alat cacah spektrometer- $\gamma$ . Optimalisasi dilakukan dengan melakukan kalibrasi alat WBC menggunakan sumber standar cair pemancar  $\gamma$  dan diukur dalam berbagai geometri pengukuran pencacahan hingga diperoleh hasil yang optimal, yang ditentukan melalui perbandingan hasil pengukuran sumber standar dengan alat cacah dengan nilai sebenarnya. Perbandingan hasil tersebut dapat diterapkan sebagai faktor koreksi untuk pengukuran contoh urin menggunakan alat WBC.

## TATA KERJA

### Bahan dan Alat

1. Alat cacah WBC ACCUSCAN-II buatan Canberra, dilengkapi dengan detektor HpGe mampu mendeteksi energi radiasi gamma dalam rentang 50 keV – 10 MeV
2. Perangkat lunak ABACOS-PC untuk analisis jenis dan jumlah aktivitas terdeteksi dalam spektrum hasil pencacahan WBC ACCUSCAN-II
3. Sumber standar cair Eu-152 (rentang  $E_{\gamma}$  : 121,78 keV – 1408 keV) dengan konsentrasi aktivitas 210,20 Bq/500 cc

### Metode

Sumber standar cair dalam botol sampel 500 cc dicacah dengan alat WBC ACCUSCAN-II dengan posisi sumber berjarak 15 cm, 20 cm, 25 cm dan 30 cm dari detektor. Detektor pada posisi tidak bergerak (step 0,0) dan waktu pencacahan adalah 3600 detik untuk setiap pengukuran. Spektrum energi yang diperoleh dari pencacahan kemudian dianalisis dengan perangkat lunak ABACOS-PC untuk mendapatkan data area puncak energi, centroid, dan aktivitas pada setiap energi. Data tersebut diperlukan untuk membuat kalibrasi respon detektor HpGe ketika melakukan pengukuran radioaktivitas sampel cair. Kalibrasi energi dan efisiensi dibuat dengan bantuan perangkat

lunak ABACOS-PC dan hasilnya kemudian diaplikasikan dalam analisis spektrum sumber standar.

Faktor koreksi diperoleh dari hasil perbandingan analisis spektrum menggunakan kalibrasi energi dan efisiensi yang baru diperoleh di atas, dengan aktivitas sumber standar Eu-152 yang sebenarnya. Untuk selanjutnya, faktor koreksi ini dapat digunakan dalam analisis sampel dari pemantauan rutin.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pencacahan dan analisis sumber standar cair Eu-152 menggunakan alat cacah WBC dalam beberapa geometri pencacahan ditampilkan dalam **Tabel 1**. Hasil dari **Tabel 1** kemudian digunakan sebagai data masukan untuk pembuatan kurva kalibrasi energi dan efisiensi dari detektor HpGe pada alat cacah WBC. Kurva Kalibrasi energi dan efisiensi ditampilkan masing-masing dalam **Gambar 1** dan **Gambar 2**. Sedangkan nilai efisiensi cacahan untuk rentang energi Eu-152 ditampilkan dalam **Tabel 2**. Hasil penentuan kalibrasi diaplikasikan dalam analisis spektrum hasil pencacahan sumber standar cair Eu-152, untuk berbagai geometri, dan ditampilkan dalam **Tabel 3**.

**Tabel 1.** Hasil analisis pencacahan sumber standar Eu-152

Energi $\gamma$ (keV)	Yield (%)	Aktivitas (Bq)	Centroid (channel)
121,78	28,37	57,38	355
244,69	7,51	15,19	692
344,29	26,58	53,76	966
411,12	2,23	4,51	1151
443,89	3,12	6,31	1241
778,92	12,96	26,21	2161
867,38	4,16	8,41	2404
964,11	14,62	29,57	2670
1085,89	10,16	20,55	3005
1112,08	13,50	27,30	3077
1408,00	20,85	40,55	3890

**Tabel 2.** Nilai efisiensi respon detektor HpGe pada WBC ACCUSCAN-II (kalibrasi efisiensi no. 14)

Energi $\gamma$ (keV)	Efisiensi detektor (%)
244,69	33,71
344,29	26,64
411,12	23,46
443,89	21,60
867,38	12,95

**R.Suminar Tedjasari: Optimalisasi Alat Cegah WBC Accuscan-II untuk mencacah Contoh Urin**

Energi $\gamma$ (keV)	Efisiensi detektor (%)
964,11	12,58
1085,89	10,93
1112,08	11,67
1408,00	0,99

**Tabel 3.** Hasil analisis spektrum pencacahan sumber standar pada beberapa geometri pencacahan (analisis menggunakan kalibrasi energi no. 16 dan kalibrasi efisiensi no. 14)

$E_{\gamma}$ (keV)	Aktivitas (Bq)	Aktivitas terdeteksi			
		15 cm	20 cm	25 cm	Rapat dinding WBC
121,78	57,38	1,90	1,33	0,79	0,59
244,69	15,19	0,57	0,40	0,24	0,18
344,29	53,76	26,51	18,30	11,19	8,11
411,12	4,51	4,35	2,92	1,77	1,37
443,89	6,31	7,23	5,07	3,28	2,10
867,38	8,41	22,14	16,06	9,63	7,39
964,11	29,57	80,89	55,13	31,71	24,23
1085,89	20,55	50,25	34,39	21,44	15,97
1112,08	27,30	71,22	47,54	28,11	21,35
1408,00	40,55	80,96	56,04	32,01	25,18

**Tabel 4.** Perbandingan dan faktor koreksi hasil analisis pencacahan sampel standar cair pada jarak 15 cm dari detektor

$E_{\gamma}$ (keV)	Aktivitas sebenarnya (Bq)	Aktivitas pada jarak 15 cm (Bq)	Faktor koreksi
121,78	57,38	1,90	30,20
244,69	15,19	0,57	26,65
344,29	53,76	26,51	2,02
411,12	4,51	4,35	1,04
443,89	6,31	7,23	0,87
867,38	8,41	22,14	0,38
964,11	29,57	80,89	0,37
1085,89	20,55	50,25	0,41
1112,08	27,30	71,22	0,38
1408,00	40,55	80,96	0,50

**Tabel 4** merupakan hasil perhitungan faktor koreksi bagi hasil pengukuran dengan jarak 15 cm dari detektor. Faktor koreksi ini diperoleh dari perbandingan aktivitas sumber standar sebenarnya dengan aktivitas sumber standar yang terdeteksi pada jarak 15 cm, dan dianalisis dengan kalibrasi energi dan kalibrasi efisiensi untuk sampel dalam botol. Hasil pengukuran sumber standar Eu-152 dengan alat cacah WBC memberikan hasil yang bervariasi bergantung pada jarak sumber dengan detektor. Berdasarkan hasil yang tercantum dalam **Tabel 3**, hasil terbesar diperoleh pada jarak 15 cm dari detektor. Selanjutnya hasil pengukuran pada jarak 15 cm inilah yang dipilih untuk dianalisis lebih lanjut. Efektifitas pengukuran dicari dengan membandingkan hasil pengukuran aktivitas sumber standar pada jarak 15 cm tersebut dengan aktivitas sumber yang sesungguhnya hingga diperoleh suatu faktor koreksi, dan hasilnya ditampilkan dalam **Tabel 4**. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa aktivitas terdeteksi lebih kecil dibandingkan dengan aktivitas sebenarnya, dengan faktor koreksi 30,20 sampai 0,37 untuk energi  $\gamma$  Eu-152 121,78 keV hingga 1408,00 keV. Hasil pengukuran yang paling mendekati dengan aktivitas sebenarnya, dengan faktor koreksi 1,04, adalah pada energi 411,12 keV dengan efisiensi pencacahan 23,46 %. Rentang efisiensi yang diperoleh adalah 0,99% - 37,71% dengan efisiensi maksimal diperoleh pada energi 244,69 keV. Kecilnya nilai efisiensi respon detektor alat cacah WBC ACCUSCAN-II dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Umur alat cacah

Alat cacah WBC telah digunakan secara rutin untuk pemantauan pekerja radiasi di kawasan PPTN Serpong sejak tahun 1990, atau lebih dari 17 tahun. Selama kurun waktu tersebut, alat cacah mengalami beberapa kali perbaikan, baik untuk komponen elektronik, mekanik maupun perangkat lunaknya. Berkurangnya respon detektor juga terlihat dari hasil cek pencacahan sumber standar. Hal tersebut dapat diatasi dengan melakukan kalibrasi efisiensi menggunakan phantom untuk setiap mode pencacahan yang dilakukan. Untuk pencacahan contoh cair dalam botol contoh, koreksi dilakukan melalui kalibrasi dengan mencacah sumber standar cair dalam botol contoh dan dengan geometri pencacahan yang sama dengan geometri pengukuran.

2. Geometri pencacahan

Pencacahan contoh dalam botol 500 ml dengan alat cacah WBC ACCUSCAN-II dilakukan dengan meletakkannya di depan detektor dengan jarak tertentu. Geometri pencacahan ini dapat mengakibatkan ketidaksempurnaan respon detektor terhadap seluruh volume botol sampel tersebut. Sebagai perbandingan pada pencacahan contoh air lingkungan dengan alat Gamma Spectrometer MCA-Tennelec, contoh diletakkan tepat di atas detektor dan keseluruhannya dilindungi dari radiasi latar menggunakan penahan timbal. Efisiensi yang diperoleh memang jauh

lebih kecil tetapi hasil pengukuran aktivitas ternyata lebih mendekati hasil sebenarnya, mengingat formulasi perhitungan aktivitas adalah berbanding terbalik dengan efisiensi detektor.

Perbandingan efisiensi respon detektor pada alat cacah WBC ACCUSCAN-II dan Spektrometer Gamma MCA-Tennelec dirangkum dalam **Tabel 5**.

**Tabel 5.** Nilai efisiensi respon detektor WBC dan Gamma Spektrometer

Energi $\gamma$ (keV)	Efisiensi detektor (%)	
	WBC ACCUSCAN-II Cannberra	Gamma spectrometer MCA-Tennelec
244,69	33,71	2,18
344,29	26,64	1,71
411,12	23,46	1,21
443,89	21,60	1,12
867,38	12,95	0,68
964,11	12,58	0,61
1085,89	10,93	0,43
1112,08	11,67	0,52
1408,00	0,99	0,39

### 3. Waktu pencacahan

Pada pencacahan sumber standar dalam botol contoh, pencacahan dilakukan selama 3600 detik. Mengingat besarnya aktivitas dalam setiap energi cukup rendah, maka kemungkinan waktu pencacahan tersebut kurang cukup untuk membentuk spektrum hasil pencacahan yang sempurna.

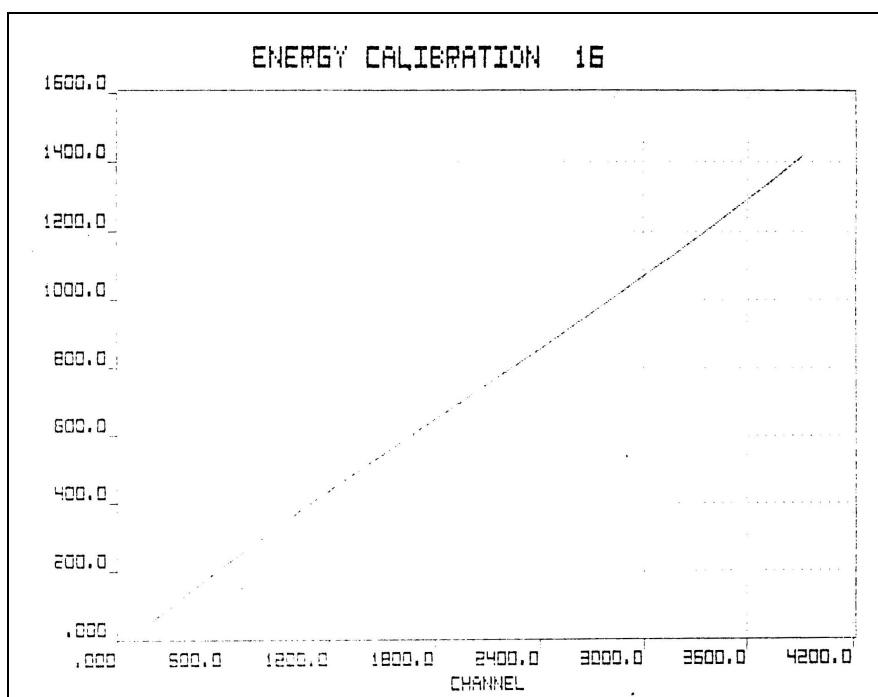
## KESIMPULAN DAN SARAN

Pencacahan bahan contoh cair dalam botol sampel dengan menggunakan alat cacah WBC ACCUSCAN-II memberikan hasil pengukuran yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan kondisi sebenarnya. Semakin dekat jarak bahan contoh dengan detektor, maka respon detektor akan semakin baik, dan dalam hasil penelitian ini jarak optimal untuk pengukuran adalah 15 cm dari detektor dengan efisiensi respon detektor 0,99% - 33,71% dan faktor koreksi pengukuran mulai dari 0,37 - 30,20 bergantung pada energi. Berdasarkan hasil ini maka sebaiknya alat cacah WBC ACCUSCAN tidak digunakan untuk pengukuran bahan contoh cair dalam pemantauan rutin, tetapi hanya jika tidak ada alternatif lain untuk pengukuran dengan memperhatikan faktor koreksi pencacahan. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, kalibrasi harus dilakukan dengan waktu pencacahan sumber standar yang lebih lama, dengan memperhatikan

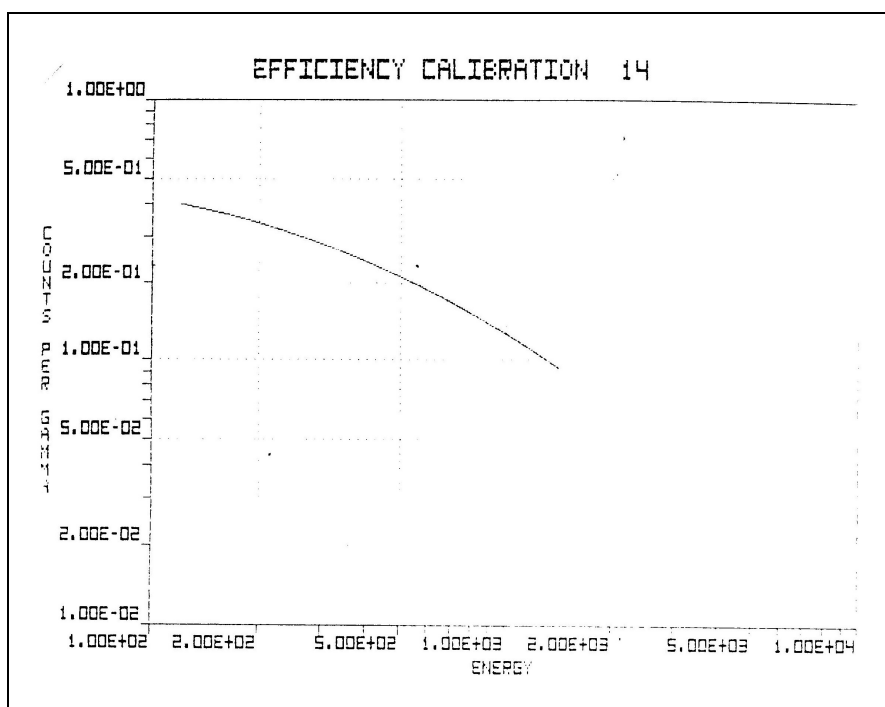
besarnya aktivitas sumber standar agar spektrum yang diperoleh lebih sempurna sehingga efisiensi yang diperoleh juga diharapkan menjadi lebih baik.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. CANBERRA, ABACOS-PS Cise 751 User's Manual, Canberra Industries Inc, Connecticut, 1990.
2. CANBERRA, Model 2280 Accuscan-II Germanium Vertical Scanning Whole Counter Cise 749, Canberra Industries Inc, Connecticut, 1990.
3. ICRP No. 54, Individual Monitoring for Intakes of Radionuclides by Workers Design and Interpretation, Pergamon Press (1988).
4. P2PLR-BATAN, No. Dok P2PLR/6/PDRE/3/012/01/1999, Program Pemantauan Dosis Radiasi Interna PPTN-BATAN Serpong, Serpong (1999).



Gambar 1. Kurva Kalibrasi Energi dari detektor HpGe alat cacah WBC ACCUSCAN-II



Gambar 2. Kurva Kalibrasi Efisiensi detektor HpGe alat cacah WBC ACCUSCAN-